

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 101 37 389 A 1**

5 Int. Cl.⁷:
G 01 N 29/08
G 07 D 7/08

21 Aktenzeichen: 101 37 389.9
22 Anmeldetag: 31. 7. 2001
44 Offenlegungstag: 13. 2. 2003

DE 101 37 389 A 1

11 Anmelder:
Giesecke & Devrient GmbH, 81677 München, DE

17 Erfinder:
Wunderer, Bernd, Dr., 80805 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 198 52 719 A1
US 55 91 913
US 44 42 715

WPIDS Abstracts:
AN 1991-206094/28 zu SU 1587347 A;
AN 1982-E6575E/16 zu SU 845080 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Prüfen von dünnem Material

57 Es wird ein Verfahren zum Prüfen von dünnem Material beschrieben, bei welchem das Material zumindest teilweise mit Ultraschallwellen beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen durch das Material ermittelt und ausgewertet wird. Dabei wird die Transmission von Ultraschallwellen unterschiedlicher Frequenzen ermittelt. Anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen wird dann ein Kriterium zur Bewertung der Qualität, insbesondere der Porosität, des beschallten Materials ermittelt. Außerdem wird eine entsprechende Prüfeinrichtung beschrieben.

DE 101 37 389 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen von dünnem Material, beispielsweise Papier, Folien oder anderem Blatgut, bei welchem das Material zumindest be-

reichsweise mit Ultraschallwellen beschallt wird und eine

Transmission der Ultraschallwellen durch das Material er-

mittelt und ausgewertet wird. Darüber hinaus betrifft die Er-

findung eine entsprechende Prüfeinrichtung.

[0002] Mit derartigen Verfahren und Prüfeinrichtungen

lassen sich anhand der Flächen- und Prüfeinrichtungen

das Flächengewicht bzw. die Dicke des Materials bestimmen, wobei die Ultraschalltransmission im

Allgemeinen umgekehrt proportional zum lokalen Flächen-

gewicht ist. Ein Beispiel für ein solches Verfahren wird in

der DE 30 48 710 C2 beschrieben. Ein typisches Anwen-

dungsgebiet ist dabei die Prüfung von Banknoten in Geldau-

tomaten oder Banknotensortieranlagen. Die Banknoten wer-

den hierzu zwischen Ultraschallsendern und Ultraschall-

empfängern hindurchgeführt, so dass die Banknote zumin-

dest entlang einer gegebenen Spur geprüft wird.

[0003] Neben der Bestimmung der Dicke bzw. des Flä-

chengewichts des Materials können mittels der Ultraschall-

transmissionsmessungen auch Risse oder Löcher im Mate-

rial entdeckt werden. Dies wird beispielsweise in der

US 4,519,249 beschrieben, wobei dort mit Hilfe eines Rol-

lenssystems die Banknoten während der Beschallung mit Ul-

traschall soweit gewölbt werden, dass die Risse bzw. Löcher

hinreichend frei liegen. Die Ultraschallwellen kommen

dann ungehindert durch den Riss oder das Loch hindurch.

Bei perfekten Banknoten liegt der Transmissionswert bei

nur etwa 1%, an den Löchern oder Rissen in den Banknoten

liegt die Transmission dagegen bei 100%. Diese Stellen er-

geben daher im Meßverlauf eindeutige Peaks.

[0004] Im Rahmen von Untersuchungen, welche die An-

melderin im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfin-

dung gemacht hat, hat es sich als Nachteil bei diesen be-

kannten Verfahren herausgestellt, daß sie z. B. nicht dazu in

der Lage sind, poröse Bereiche im Material, welche aus mit

dem bloßen Auge nicht mehr sichtbaren Poren bestehen, zu

erkennen und daß dadurch auch die Bestimmung des Flä-

chengewichts verfälscht werden kann. Dieses Problem tritt

insbesondere bei Prüfungen wie Banknoten auf, die bereits

längere Zeit im Verkehr waren. Hier können durch häufiges

Knicken des Materials an bestimmten Stellen mit der Zeit

poröse Bereiche entstanden sein. Diese porösen Stellen ze-

igen dann einen erhöhten Transmissionswert im Verhältnis

zu dem Transmissionswert des unbeschädigten Materials.

Das Problem der Erkennung dieser Stellen bei einer Prüfung

besteht nach den Untersuchungen der Anmelderin darin,

daß bei einem strukturierten Material wie beispielsweise ei-

ner Banknote eine Erhöhung des Transmissionswerts nicht

unbedingt auf eine Porosität zurückzuführen ist. So kann

eine Banknote z. B. an bestimmten Stellen, beispielsweise

im Bereich eines Wasserzeichens oder eines anderen Sicher-

heitsmerkmals, absichtlich dünnere Stellen oder Stellen mit

anderer Dichte aufweisen oder als weiteres Sicherheits-

merkmal Mikroperforationen aufweisen. Eine Erhöhung des

Transmissionswerts kann daher auch auf die bei einer per-

ferkten Banknote gewünschten Strukturen bzw. Merkmale

zurückzuführen sein. Wird beispielsweise bei einer perfek-

ten Banknote von einem Transmissionswert von etwa 1%

ausgegangen, so würde eine poröse Stelle einen Transmis-

sionswert von beispielsweise 3 bis 4% aufweisen. Ebenso

könnte aber auch eine perfekte Banknote an einer bestimm-

ten beabsichtigt dünnere Stelle einen Transmissionswert

von 3 bis 4% aufweisen, welcher dann nicht von dem Trans-

missionswert einer porösen Stelle zu unterscheiden ist.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu schaffen, welche es ermöglicht, bei der Prüfung schadhafte, insbesondere poröse Stellen auf einfache Weise möglichst eindeutig feststellen und beispielsweise von beabsichtigten dünnere Stellen im Material unterscheiden zu können.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und durch eine Prüfeinrichtung gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens oder der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung.

[0007] Die erfindungsgemäße Lösung basiert ebenfalls auf der Transmissionsmessung von Ultraschallwellen. Wesentlich ist hierbei, daß die Transmission von Ultraschallwellen mit unterschiedlichen Ultraschallfrequenzen ermittelt wird. Es wird zumindest mit zwei verschiedenen Frequenzen gemessen. Anhand der Unterschiede der Transmissionswerte bei den verschiedenen Frequenzen wird dann ein bestimmtes Kriterium, wie beispielsweise die Differenz der Transmissionswerte oder ein Quotient der Transmissionswerte, zur Bewertung der Qualität des zu prüfenden Materials ermittelt.

[0008] Diese Idee basiert auf der Erkenntnis, daß für normales, unbeschädigtes Papier die Transmission nicht nur proportional zum Flächengewicht, sondern auch zur Frequenz umgekehrt ist. In einem schadhafte, porösen Bereich ist aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Beugung an den Poren die Abweichung von diesem Gesetz um so größer, je höher die Ultraschallfrequenz ist. Dies führt dazu, daß bei der Ultraschallprüfung die positive Abweichung der gemessenen Transmission im Bereich einer porösen Stelle vom Transmissionswert eines unbeschädigten Materials höher ist als bei langwelligeren Ultraschallwellen. Anhand der Unterschiede der in Transmission gemessenen Intensität bei den verschiedenen Frequenzen lassen sich folglich auf einfache Weise Informationen über das Vorhandensein von Stellen erhöhter Porosität gewinnen.

[0009] Eine entsprechende Prüfeinrichtung umfaßt neben einer Ultraschallsendereinrichtung, welche das zu prüfende Material zumindest bereichsweise von einer Seite beschallt, und einer Ultraschallempfangeinrichtung, welche auf der anderen Seite des Materials die Intensität der durch das Material transmittierten Ultraschallwellen mißt, eine geeignete Auswertungsrichtung zur Auswertung der ermittelten Transmission der Ultraschallwellen. Hierbei sind die Ultraschallsendeinrichtung und/oder die Ultraschallempfangeinrichtung derart ausgestaltet, daß die Transmission von Ultraschallwellen bei unterschiedlichen Frequenzen ermittelt werden kann. Die Auswertungsrichtung muss dementsprechend in der Lage sein, anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials zu ermitteln.

[0010] Bei einer Ausgestaltung wird das Material mit Ultraschallwellen mit genau eingestellten diskreten, d. h. einzelnen, unterschiedlichen Frequenzen, beispielsweise genau zwei verschiedenen Frequenzen, beschallt. Der Begriff "diskrete Frequenzen" ist hierbei so zu verstehen, daß das von schmalbandigen Frequenzbereichen um die jeweilige gewünschte Frequenz eingeschlossen sind.

[0011] Eine Beschallung mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen ist zum Beispiel dadurch zu realisieren, daß die Ultraschallsendeinrichtung verschiedene Sender umfaßt, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz bzw. eines bestimmten schmalbandigen Frequenzbereichs aussenden. Es kann aber auch eine Ultraschallsendeinrichtung verwendet werden, die Ultraschallwellen eines

genau definierten Spektrums, beispielsweise gleichzeitig auf zwei diskreten unterschiedlichen Frequenzen sendet.

[0012] Wenn die Sendeeinrichtung auf genau definierten, diskreten Frequenzen sendet, kann die Ultraschallempfangseinrichtung so aufgebaut sein, dass sie entweder auch nur Frequenzen in diesen Bereichen erfährt, d. h. sie kann beispielsweise ebenfalls aus einzelnen Empfängern bestehen, welche jeweils selektiv nur eine Frequenz messen. Es kann sich aber auch um eine Empfangseinrichtung handeln, welche in einem breiten Band Ultraschallwellen verschiedener Frequenzen erfährt und somit ein breites Transmissionspektrum aufzeichnet. In diesem Fall muss jedoch sichergestellt sein, dass die Ultraschallwellen der verschiedenen Frequenzen voneinander separiert werden können. Dies kann bei Aufzeichnung eines Frequenzspektrums durch die Empfangseinrichtung beispielsweise auch softwaremäßig geschehen, indem bei der Auswertung nur die Meßwerte bei den bestimmten Frequenzen berücksichtigt werden.

[0013] Eine weitere Möglichkeit, die Separation der verschiedenen Frequenzen zu gewährleisten, besteht darin, dass nicht gleichzeitig auf den verschiedenen Frequenzen gesendet wird, sondern zeitlich nacheinander, wobei bei der Messung bzw. Auswertung berücksichtigt wird, zu welchem Zeitpunkt auf welcher Frequenz Ultraschall ausgesendet wurde.

[0014] Bei einer alternativen Ausführungsform beschallt die Ultraschallsendeeinrichtung das Material mit Ultraschallwellen mit einem kontinuierlichen breiten Frequenzspektrum. Es erfolgt dann beispielsweise eine selektive Messung auf der Empfängerseite, d. h. es werden vom Empfänger entweder nur bestimmte Frequenzen registriert bzw. in einem nachfolgenden Schritt nur die Meßwerte bei bestimmten Frequenzen berücksichtigt.

[0015] Eine Möglichkeit, Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum auszusenden, besteht darin, die Ultraschallsendeeinrichtung das Material mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallen zu lassen. Bekanntermaßen ist das Frequenzspektrum eines Pulses um so breiter, je kürzer ein Puls ist. Vorzugsweise beträgt die Pulslänge weniger als einige Mikrosekunden.

[0016] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform wird als Kriterium für die Porosität ein Quotient der ermittelten Transmissionswerte von Ultraschallwellen zweier verschiedener Frequenzen gebildet. Da die Transmission bei einem perfekten Material zur Frequenz und zum Flächengewicht des Materials umgekehrt proportional ist, ist bei einem perfekten Prüfling der Quotient der in Transmission gemessenen Intensitäten der Ultraschallwellen der zwei verschiedenen Frequenzen immer konstant. Lediglich bei porösen Stellen weicht er von diesem konstanten Wert ab, wodurch sich diese Stellen auf einfache Weise entdecken lassen.

[0017] In den Fällen, in denen – beispielsweise durch Aussendung von kurzen Ultraschallwellenimpulsen – Ultraschallwellen mit einem breitbandigen Frequenzspektrum verwendet werden und das gesamte Transmissionspektrum gemessen und aufgezeichnet wird, ist es zum Erhalt eines Kriteriums zur Qualitätsbewertung auch möglich, eine Veränderung des Transmissionspektrums in Abhängigkeit vom beschallten Ort zu registrieren. Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, besteht darin, permanent das gemessene Transmissionspektrum der Ultraschallwellen aufzuzeichnen und mit vorherigen Messungen zu vergleichen.

[0018] Da weiterhin die Pulsdauern ebenfalls durch das Spektrum der in dem Puls enthaltenen Frequenzanteile bestimmt wird, ist es bevorzugt auch möglich, die porösen Stellen direkt durch deren Analyse zu finden.

[0019] Bei einer erfindungsgemäßen Prüfung kann beispielsweise die Anzahl der porösen Stellen bei einem be-

stimmten Materialstück (Prüfling) ermittelt werden. Ebenso kann auch eine Ausdehnung der porösen Stellen innerhalb eines Prüflings detektiert werden.

[0020] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Grenzkriterium festgelegt, beispielsweise eine maximale Anzahl von porösen Stellen und/oder eine maximale Ausdehnung der porösen Stellen. Wird bei einem Prüfling dieses Grenzkriterium überschritten, so wird der Prüfling als schadhaft assortiert, beispielsweise wird im Falle von Banknoten die betreffende Banknote geschildert.

[0021] Die verwendeten Ultraschallwellen liegen vorzugsweise in einem Frequenzbereich von 50 bis 400 kHz. Um einen deutlichen Effekt bei der Prüfung zu erzielen und poröse Stellen ausreichend deutlich erkennen zu können, sollten die betrachteten Frequenzen bzw. Frequenzbereiche ausreichend weit auseinanderliegen. Vorzugsweise beträgt bei der Verwendung von Ultraschallwellen zweier verschiedener Frequenzen die größere der beiden Frequenzen etwa das 1,5- bis 3fache der kleineren Frequenz.

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es stellen dar:

[0023] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung,

[0024] Fig. 2 eine schematische Seitenansicht einer Anordnung von Ultraschallsendern und Ultraschallempfängern in Durchzugsrichtung eines Prüflings betrachtet,

[0025] Fig. 3 eine schematische Darstellung der räumlichen Anordnung der Sender gemäß Fig. 2 in Draufsicht,

[0026] Fig. 4 ein Diagramm der Intensität für zwei verschiedene Frequenzen sowie die Funktion des Quotienten aus den beiden Intensitätsmessungen über dem Meßort.

[0027] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Prüfeinrichtung 2, um Banknoten 1 zu prüfen. Eine solche Prüfeinrichtung 2 befindet sich beispielsweise innerhalb einer Banknotensortieranlage (nicht dargestellt).

[0028] Diese Prüfeinrichtung 2 weist zum einen eine Ultraschallsendeeinrichtung 3 und zum anderen eine Ultraschallempfangseinrichtung 6 auf. Die Ultraschallsendeeinrichtung 3 besteht hier aus mehreren Sendern 4 und einer Sendesteuerung 5, die die einzelnen Sender 4 ansteuert. Ebenso besteht die Ultraschallempfangseinrichtung 6 aus einem oder mehreren Empfängern 7, welche jeweils mit einer Empfängersteuerung 8, welche die an den Empfängern 7 anliegenden Meßwerte ausliest, verbunden sind.

[0029] Die Sendesteuerung 5 wird von einer Steuerung 9 der Prüfeinrichtung 2 gesteuert. Teil dieser Steuerung 9 ist eine Auswertungseinrichtung 10, welche die Daten von der Empfängersteuerung 8 übernimmt und auswertet. Bei der Steuerung 9 kann es sich beispielsweise um einen Computer oder einen Mikrocontroller handeln, wobei die Auswertungseinrichtung 10 in Form von geeigneter Software realisiert ist. Ebenso können, anders als in dem dargestellten Ausführungsbeispiel, auch die Sendesteuerung 5 und die Empfängersteuerung 8 in diese Steuereinheit 9 – auch softwaremäßig – integriert sein.

[0030] Weiterhin ist an die Steuerung 9 eine Ausgabeeinrichtung 11, beispielsweise eine Anzeige, angeschlossen, welche beispielsweise einen Bediener der Prüfeinrichtung 2 darüber informiert, wenn eine schadhafte Banknote 1 durch die Prüfeinrichtung 2 läuft. Bei dieser Ausgabeeinrichtung 11 kann es sich auch um ein Interface handeln, welches die erfindungsgemäße Prüfeinrichtung 2 mit einer übergeordneten Steuerung der Banknotensortieranlage verbindet und damit z. B. automatisch eine Assortierung einer schadhafte Banknote 1 veranlasst.

[0031] Die Sender 4 der Sendeeinrichtung 3 und die Emp-

fänger 7 der Ultraschallempfangseinrichtung 6 sind entsprechend gegenüberliegend zueinander angeordnet. Die zu prüfenden Banknoten 1 werden in einer Durchzugsrichtung R zwischen den Sendern 4 und den Empfängern 7 hindurchgezogen und dabei von den Sendern 4 auf einer Seite mit Ultraschallwellen U beschallt. Die Empfänger 7 messen dann auf der anderen Seite die Intensität des transmittierten Anteils der Ultraschallwellen U.

[0032] Die Fig. 2 und 3 zeigen die genaue Anordnung der einzelnen Sender 4 und der entsprechend auf der anderen Seite 7 zu prüfenden Banknote 1 angeordneten Empfänger 7. Wie aus diesen Figuren zu ersehen ist, sind mehrere Sender 4 in einer ersten Reihe zur Durchzugsrichtung R über die gesamte Breite der Banknote 1 verteilt angeordnet. Jeder dieser Sender 4 beschallt eine genau definierte Spur entlang der Durchzugsrichtung R auf einer durchlaufenden Banknote 1. Parallel versetzt befinden sich vor oder hinter dieser ersten Reihe von Sendern 4 weitere Sender 4, welche genau die Lücken zwischen den Sendern 4 der ersten Reihe abdecken. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Banknote 1 auf ihrer gesamten Fläche geprüft wird.

[0033] Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind die Empfänger 7 in genau gleicher Weise den Sendern 4 jeweils gegenüberliegend angeordnet.

[0034] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel senden die Sender jeweils auf genau zwei definierten Frequenzen f_1 und f_2 , wobei die höhere Frequenz f_1 etwa den 1,5- bis 3fachen Wert der niedrigeren Frequenz f_2 aufweist. Die Empfangseinrichtung 6 ist in der Lage, für diese beiden Frequenzen f_1 und f_2 bzw. in den jeweiligen Frequenzbereichen die Ultraschallwellen getrennt zu messen.

[0035] Eine typische Meßkurve ist in Fig. 4 dargestellt. In diesem Diagramm ist jeweils der auf die Frequenz f_1 normierte Transmissionswert $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$, d. h. die in Transmission gemessene Intensität bezogen auf die ausgesendete Gesamtintensität, jeweils für die gewünschten Frequenzen f_1 und f_2 über dem beschallten Ort x , d. h. entlang einer Spur auf der Banknote 1 aufgetragen. Die dritte, gepunktete Kurve zeigt den Quotienten aus diesen beiden Meßkurven $T(f_1) \times f_1$ und $T(f_2) \times f_2$. Die normierten Transmissionswerte $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ sind bei diesem Ausführungsbeispiel über eine ganze Strecke konstant (α liegt beispielsweise bei 1%), steigt dann plötzlich an einer bestimmten Stelle x_p an und sackt wieder auf den Normalwert ab. Bei dieser Stelle x_p handelt es sich um eine Stelle erhöhter Transmission.

[0036] Würde es sich dabei einfach um eine Stelle mit geringerem Flächengewicht, beispielsweise um eine dünnere Stelle der Banknote 1 handeln, wäre diese Reaktion frequenzunabhängig und die relative Erhöhung der Transmissionswerte $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ wäre bei beiden Frequenzen f_1 , f_2 gleich. Die aus dem Quotienten der Transmissionswerte erzeugte, gepunktete Kurve würde dann konstant bleiben, wobei die einzelnen Meßkurven jeweils einen Peak gleicher Höhe zeigen.

[0037] Im dargestellten Beispiel handelt es sich jedoch um eine poröse, d. h. schadhafte Stelle der Banknote 1. An dieser Stelle x_p ist aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Beugung an den Poren der gemessene Transmissionswert $T(f_1)$ für die größere Frequenz f_1 im Maximum relativ höher als für die Ultraschallwellen der geringeren Frequenz f_2 . Im dargestellten Ausführungsbeispiel erhöht sich an der porösen Stelle x_p der gemessene Transmissionswert $T(f_1)$ für die größere Frequenz f_1 um den Faktor 3 und für die Ultraschallwellen der kleineren Frequenz f_2 nur um den Faktor 2. Folglich weist auch die aus dem Quotienten der Transmissionswerte $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ gebildete Kurve einen eindeutigen Peak an dieser Stelle x_p auf. Damit lässt sich die poröse

Stelle auf einfache Weise eindeutig identifizieren. Die unterschiedliche Breite der Peaks ist im Übrigen ebenfalls auf die Frequenzabhängigkeit der Beugung zurückzuführen.

[0038] Wäre an der Stelle x_p keine poröse Stelle, sondern eine intakte Stelle mit halbem Flächengewicht in Bezug auf den umgebenden Bereich vorhanden, so würden die Transmissionskurven in der Fig. 4 für die beiden Frequenzen f_1 und f_2 zwar ebenfalls ein Maximum aufweisen. Allerdings würde die zugehörige Quotientenkurve in diesem Fall weitgehend einen geraden Verlauf zeigen, d. h. auch an der Stelle x_p einen Wert haben, der im wesentlichen dem Quotientenwert an den benachbarten Stellen mit höherem Flächengewicht entspricht.

[0039] In dem vorgenannten Ausführungsbeispiel wurde das erfindungsgemäße Verfahren im Zusammenhang mit der Prüfung von Banknoten 1 als Beispiel eines Werkdokuments beschrieben, da die durch die Erfindung gelösten Probleme der bekannten Verfahren sich insbesondere bei solchen meist nicht vollkommen homogen geformten Materialien ergeben.

[0040] Die Erfindung kann jedoch mit gleichem Erfolg auch bei anderen Prüfobjekten, beispielsweise Papier- oder Folienbahnen oder ähnlich dünnem Material, eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen von dünnem Material (1), bei welchem das Material (1) zumindest teilweise mit Ultraschallwellen (U) beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen (U) durch das Material (1) ermittelt und ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmission von Ultraschallwellen (U) unterschiedlicher Frequenzen (f_1 , f_2) ermittelt wird und anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen (f_1 , f_2) ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials (1) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kriterium zur Bewertung der Porosität des Materials (1) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl von porösen Stellen und/oder eine Ausdehnung von porösen Stellen eines zu prüfenden Materialstücks ermittelt wird und oberhalb einer als Grenzkriterium festgelegten maximalen Anzahl und/oder maximalen Ausdehnung der porösen Stellen das Materialstück als schadhaft aussortiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (1) mit Ultraschallwellen (U) mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen (f_1 , f_2) beschallt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Material von verschiedenen Sendern, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz aussenden, beschallt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum beschallt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Transmission der breitbandigen Ultraschallwellen für mehrere diskrete Frequenzen ermittelt und zur Auswertung herangezogen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erhalt eines Kriteriums zur Qualitätsbewertung eine Veränderung eines gemessenen breiteren Transmissionspektrums der

breitbandigen Ultraschallwellen ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Kriterium zur Qualitätsbewertung aus einem Vergleich der Pulsform der Ultraschallwellenimpulse vor und nach Transmission durch das Material (1) ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Kriterium zur Qualitätsbewertung ein Quotient von ermittelten Transmissionswerten ($T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$) von Ultraschallwellen (U) zweier verschiedener Frequenzen (f_1 , f_2) gebildet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Frequenzen (f_1) in etwa das 1, 5 bis 3-fache der anderen Frequenz (f_2) beträgt.

13. Prüfeinrichtung (2) zum Prüfen von dünnem Material (1),

mit einer Ultraschallsendeinrichtung (3), welche ein zu prüfendes Material (1) zumindest bereichsweise von einer Seite mit Ultraschallwellen (U) beschallt,

mit einer Ultraschallempfangeinrichtung (6), welche auf der anderen Seite des Materials (1) die Intensität der durch das Material (1) transmittierten Ultraschallwellen (U) mißt,

und mit einer Auswertungseinrichtung (10) zur Auswertung der ermittelten Transmission der Ultraschallwellen (U),

dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung (3) und/oder die Ultraschallempfangeinrichtung (6) bei der Prüfung des Materials (1) die Transmission von Ultraschallwellen (U) bei unterschiedlichen Frequenzen (f_1 , f_2) ermittelt,

und die Auswertungseinrichtung (10) anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen (f_1 , f_2) ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschauten Materials (1) ermittelt.

14. Prüfeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung (3) das Material (1) mit Ultraschallwellen (U) mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen (f_1 , f_2) beschallt.

15. Prüfeinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung verschiedene Ultraschallsender umfaßt, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz aussenden.

16. Prüfeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung das Material zur Prüfung mit Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum beschallt.

17. Prüfeinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallempfangeinrichtung derart aufgebaut ist, dass die Transmission der breitbandigen Ultraschallwellen für mehrere unterschiedliche diskrete Frequenzen ermittelt wird.

18. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung die Werte eines gemessenen Transmissionspektrums der breitbandigen Ultraschallwellen bei mehreren diskreten Frequenzen zur Auswertung heranzieht.

19. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung Mittel zur Ermittlung einer Veränderung des Transmissionspektrums der breitbandigen Ultra-

schallwellen umfaßt.

20. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung das Material zur Prüfung mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallt.

21. Prüfeinrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertungseinrichtung Mittel zur Ermittlung einer Veränderung der Pulsform der Ultraschallwellenimpulse vor und nach Transmission durch das Material (1) umfaßt.

22. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallempfangeinrichtung verschiedene Ultraschallempfänger umfaßt, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz empfangen.

23. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung (10) Mittel zur Bildung eines Quotienten von ermittelten Transmissionswerten ($T(f_1)$, $T(f_2)$) von Ultraschallwellen (U) zweier verschiedener Frequenzen (f_1 , f_2) umfaßt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

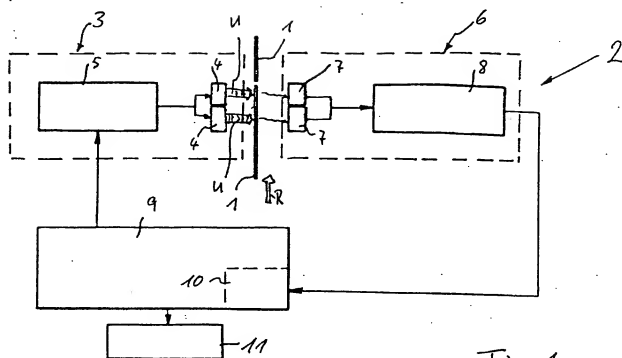


Fig. 1

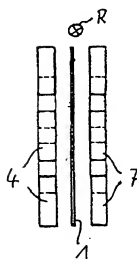


Fig. 2

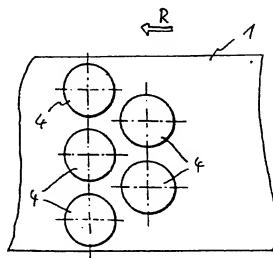


Fig. 3

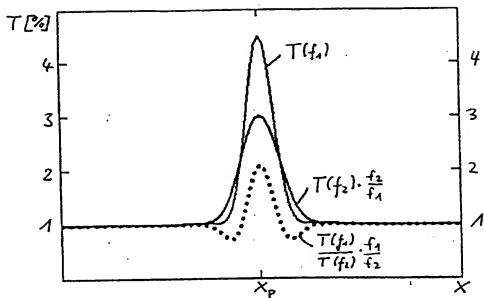


Fig. 4